

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 42 15 125 A 1

(51) Int. Cl. 5:

H 01 L 29/784

DE 42 15 125 A 1

- (21) Aktenzeichen: P 42 15 125.2
(22) Anmeldetag: 8. 5. 92
(43) Offenlegungstag: 12. 11. 92

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

10.05.91 JP P 3-106080

(71) Anmelder:

Kabushiki Kaisha Toyoda Jidoshokki Seisakusho,
Kariya, Aichi, JP

(74) Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühlung, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams,
K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

(72) Erfinder:

Takagi, Haruo; Aoki, Shinobu, Kariya, Aichi, JP;
Watanabe, Yukihiko, Kasugai, Aichi, JP; Tadano,
Hiroshi, Nagoya, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Statisches Induktions-Halbleitergerät

(57) Ein statisches Induktions-Halbleitergerät vom Oberflächen-gate-Typ enthält ein Sourcegebiet, ein Gategebiet und ein Draingebiet. Ein Kanalgebiet ist zwischen den Draingebiet und dem Sourcegebiet derart ausgebildet, so daß, wenn eine Vorspannung zwischen dem Gategebiet und dem Sourcegebiet angelegt ist Ladungsträger vom Sourcegebiet über das Kanalgebiet in das Draingebiet fließen. Auf der Halbleiterschicht ist eine Sourceelektrode vorgesehen. Ein Sourcekontaktgebiet ist zwischen der Sourceelektrode und dem Sourcegebiet zum Herstellen einer elektrischen Verbindung vorgesehen. Das Sourcekontaktgebiet ist in mehrere kleine Gebiete oder Abschnitte unterteilt, dessen gesamte Fläche kleiner ist als die Fläche der entsprechenden Abschnitte des Sourcegebietes, um die Stromverstärkung zu verbessern und um die lokale Stromkonzentration zu verhindern bzw. signifikant zu verringern.

DE 42 15 125 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein statisches Induktions-Halbleitergerät und im besonderen auf ein statisches Induktions-Halbleitergerät vom Oberflächengate-Typ, welches bei hochdichten Strömen Verwendung findet.

Statische Induktions-Halbleitergeräte werden als Leistungsschaltgeräte zum Steuern großer Ströme verwendet. Diese Halbleitergeräte besitzen ein signifikant großes Verhältnis des Hauptstroms zum Steuerstrom, bzw. eine hohe Stromverstärkung. In den Fig. 5 und 6 ist ein solches herkömmliches statisches Induktions-Halbleitergerät (nachfolgend als "SIT" bezeichnet) vom Oberflächengate-Typ dargestellt. Der gezeigte SIT ist ein n-Kanaltransistor vom Oberflächengate-Typ, in dem Elektronen als Majoritätsträger wirken. Ein n⁺-Siliziumsubstrat 21 bildet ein Draingebiet aus. Auf diesem Substrat 21 ist eine n⁻-Epitaxieschicht 22 ausgebildet. Ein n⁺-Sourcegebiet 23 und ein p⁺-Gategebiet 24 sind an der Oberfläche der Epitaxieschicht 22 ausgebildet. Auf der Epitaxieschicht 22 ist eine SiO₂ Isolierschicht 25 ausgebildet, die im wesentlichen das Gategebiet 24 und die Epitaxieschicht 22 überdeckt.

Eine Sourceelektrode 27 ist auf der Isolierschicht 25 ausgebildet und besitzt ein Sourcekontaktgebiet 26, das an der unteren Seite der Sourceelektrode 27 ausgebildet ist und das die Isolierschicht 25 durchdringt. Die Sourceelektrode 27 ist mit dem Sourcegebiet 23 über das Sourcekontaktgebiet 26 verbunden. Ein Drainanschluß D ist an der Rückseite des Siliziumsubstrats 21 ausgebildet. Ein Teil der Epitaxieschicht 22, der unter dem Sourcegebiet 23 liegt, bildet ein Kanalgebiet 28. Zum Ausbilden einer Potentialbarriere um die Ladungsträgerbeweglichkeit einzuschränken, ist je nach Bedarf eine p-Verunreinigung im Kanalgebiet 28 implantiert bzw. diffundiert.

Dieser SIT befindet sich im AUS- bzw. inaktiven Zustand, wenn zwischen dem Gate und der Source keine Vorwärts-Vorspannung angelegt ist. Beim Anlegen einer Vorwärts-Vorspannung werden vom Gate Löcher in das Kanalgebiet 28 injiziert und das Potential des Kanalgebiets 28 verringert. Dies induziert eine Elektroneninjektion von der Source zur Drain und läßt zum Aktivieren des SIT die Elektronen von der Source zur Drain fließen.

Gemäß Fig. 6 besitzt der herkömmliche SIT für jedes Sourcegebiet 23 ein Kontaktgebiet. Das Sourcekontaktgebiet ragt im wesentlichen über das ganze Sourcegebiet 23 hinaus. Das Kontaktgebiet ist groß genug um einen Löcherfluß von der Gate- zur Sourceelektrode zu erlauben und ein zu starkes Anwachsen der Löcherdichte im Kanalgebiet zu verhindern. Folglich erlaubt es die Potentialänderung im Kanalbereich nicht, daß die Anzahl der von der Source injizierten Elektronen zu groß wird. Mit anderen Worten besitzt der herkömmliche SIT eine geringe Stromverstärkung hfs (Verhältnis von I_D/I_G des Drainstroms I_D zum Gatestrom I_G).

Ein statisches Induktions-Halbleitergerät, welches einen von einem Gategebiet umgebenen Sourcegebiet in zwei oder mehrere Bereiche unterteilt, als Versuch die Stromverstärkung des Transistors zu vergrößern, wurde bereits in der ungeprüften Japanischen Patentveröffentlichung No. 1-2 70 276 vorgeschlagen. Die Teilung des Sourcegebietes, ohne dabei die gesamte Fläche des Halbleitergeräts zu ändern, führt jedoch zu einer Verringerung der Gesamtfläche des Sourcegebietes, was zu lokalen Stromkonzentrationen im SIT-Gerät führen

kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde ein statisches Induktions-Halbleitergerät zu schaffen, welches lokale Stromkonzentrationen im SIT-Gerät signifikant verringert und eine hohe Stromverstärkung liefert.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß ein Sourcegebiet an der Oberfläche eines Substrats oder einer Halbleiterschicht ausgebildet ist. Ein Gategebiet ist an der Oberfläche der Halbleiterschicht ausgebildet und umfaßt das Sourcegebiet. Zwischen dem Sourcegebiet und einem Draingebiet ist ein Kanalgebiet an der Oberfläche der Halbleiterschicht ausgebildet. Wenn zwischen dem Gategebiet und dem Sourcegebiet eine Vorspannung angelegt wird, wandern die Ladungsträger vom Sourcegebiet über das Kanalgebiet in das Draingebiet. Auf der Halbleiterschicht befindet sich eine Sourceelektrode, die mit einem Sourcekontaktgebiet zwischen der Sourceelektrode und dem Sourcegebiet ausgestattet ist, um diese miteinander elektrisch zu verbinden. Das Sourcekontaktgebiet ist in mehrere Gebiete unterteilt, deren gesamte Fläche kleiner ist als die Fläche des entsprechenden Abschnitts des Sourcegebietes.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen und Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Transistors vom Oberflächengate-Typ (SIT);

Fig. 2 ist eine Draufsicht des SIT nach Fig. 1, die die Beziehung zwischen dem Sourcegebiet und dem Sourcekontaktgebiet, die einen Teil des SIT bilden, darstellt;

Fig. 3 ist eine Kennlinie, die die Beziehung zwischen der Stromverstärkung des SITs gemäß Fig. 1 und 2 und das Verhältnis des Kontaktgebiets zum Sourcegebiet darstellt;

Fig. 4 ist eine Teil-Schnittansicht eines zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels eines SITs;

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht eines herkömmlichen SITs; und

Fig. 6 ist eine Draufsicht des herkömmlichen SITs gemäß Fig. 5.

Ausführungsbeispiel 1

Das bevorzugte Ausführungsbeispiel eines n-Kanal SIT vom Oberflächengate-Typ wird nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 3 beschrieben.

Gemäß Fig. 1 funktioniert ein n⁺-Siliziumsubstrat 2 als Draingebiet 1. Auf dem Substrat 2 ist eine n⁻-Epitaxieschicht 3 ausgebildet. An der Oberfläche der Epitaxieschicht 3 ist ein n⁺-Sourcegebiet 4 ausgebildet. Gemäß Fig. 2 besitzt das Sourcegebiet 4 eine im wesentlichen elliptische Form mit einer Breite W und einer Länge L. Während im bevorzugten Ausführungsbeispiel die Breite W und die Länge L ca. 3 µm und 100 µm sind, ist es für den Fachmann selbstverständlich, daß auch andere Werte ausgewählt werden können.

Ein p⁺-Gategebiet 5 ist ringförmig derart an der Oberfläche der Epitaxieschicht 3 ausgebildet, so daß es das Sourcegebiet 4 umgibt. Eine SiO₂ Isolierschicht 6 ist an der Oberfläche der Epitaxieschicht 3 mit Ausnahme des Sourcegebietes 4 ausgebildet. Auf der Isolierschicht 6 befindet sich die Sourceelektrode 7, die aus mehreren Sourcekontaktgebieten 8 an der inneren Seite der Sourceelektrode 7 ausgebildet ist. Die Sourcekontaktgebiete 8 durchdringen die Isolierschicht 6 und sind mit dem Sourcegebiet 4 verbunden. Jedes Sourcekontaktgebiet 8 besitzt eine Größe von ca. 2 µm x 2 µm.

Ein Drainanschluß D ist an das Siliziumsubstrat 2 angeschlossen. Zum Ausbilden eines Kanalgebiets 9 unterhalb des Sourcegebiets 4 ist in der Epitaxieschicht 3 eine p-Verunreinigung implantiert oder diffundiert. Das Kanalgebiet 9 dient als Potentialbarriere um die Bewegung der Ladungsträger einzuschränken, d. h. den SIT abzuschalten.

Die Isolierschicht 6 ist zum Anordnen der Sourcekontaktgebiete 8 gemustert. Die Sourcekontaktgebiete 8 und die Sourceelektrode 7 werden dann entsprechend der Muster auf der Isolierschicht 6 ausgebildet. Die anderen Abschnitte des SITs können entsprechend bekannter herkömmlicher Techniken ausgebildet werden.

Die Arbeitsweise des vorstehend beschriebenen SIT wird nachfolgend genauer beschrieben. Dieser SIT wird mit einer zwischen der Source und dem Drain angelegten Vorwärts-Vorspannung verwendet, indem man die Sourceelektrode erdet und an den Drainanschluß D ein positives Potential anlegt. Wenn das Gategebiet das gleiche Potential wie das Sourcegebiet besitzt, so ist der SIT deaktiviert bzw. ausgeschaltet. Legt man eine Vorwärts-Vorspannung zwischen Gate und Source, so werden in die Kanalgebiete 9 vom Gategebiet 5 Löcher injiziert um dadurch das Potential über dem Kanalgebiet 9 fallen zu lassen. Dies induziert eine Elektroneninjektion aus dem Sourcegebiet 4 in das Kanalgebiet 9 und führt zu einem Elektronenfluß zwischen Drain und Source. Folglich ist der SIT aktiviert und ein Drainstrom I_D fließt entsprechend einem Gatestrom I_G durch den SIT.

Sind die Gate- und Sourcepotentiale gleich oder wird eine Rückwärts-Vorspannung zwischen Gate und Source angelegt, so werden die Löcher aus dem Kanalgebiet 9 entfernt und der SIT ausgeschaltet.

Wie vorstehend beschrieben haben herkömmliche SITs eine relativ geringe Stromverstärkung. Der vorliegende SIT besitzt jedoch eine höhere Stromverstärkung als herkömmliche SITs. Das Kontaktgebiet 8 des vorliegenden SIT ist in mehrere Gebiete aufgeteilt und verringert somit die Fläche eines jeden Sourcekontaktgebiets 8 im Vergleich zur entsprechenden Fläche herkömmlicher Geräte. Dies bedeutet, daß weniger Löcher in die Sourceelektrode 7 fließen, so daß die Löcherdichte des Kanalgebiets 9 mit der Injektion von weniger Löchern erhöht werden kann. Eine Potentialabnahme im Kanalgebiet verursacht deshalb eine zahlenmäßige Zunahme der aus der Source injizierten Elektronen und somit eine Zunahme der Stromverstärkung h_{FS} .

Weil das Kontaktgebiet 8 in mehrere Gebiete unterteilt ist, ist seine Gesamtfläche kleiner als die des Sourcegebiets. Das Sourcegebiet ist groß, weil es nicht unterteilt ist. Die von der Sourceelektrode 7 herfließenden Elektronen durchqueren das Sourcegebiet 4 und verstreuen sich um ihn herum, wodurch eine lokale Stromkonzentration im SIT verhindert wird. Die Stromkapazität ist deshalb vergrößert und der SIT kann effektiver als herkömmliche SIT-Geräte verwendet werden. Ferner ist durch die Unterteilung des Sourcekontaktgebiete 8 ein im wesentlichen gleicher Stromfluß und eine im wesentlichen gleichförmige Hitzezeugung des Geräts sichergestellt. Da die Fläche des Sourcegebiets 4 groß gehalten ist, ist die Gate-Sourcespannung V_{GS} kleiner, wenn der SIT aktiviert ist, wodurch der Leistungsverlust verringert wird.

Fig. 3 zeigt Änderungen in der maximalen Stromverstärkung des SITs als eine Funktion des Flächen-Verhältnisses des Sourcekontaktgebiete zum Sourcegebiet. Das Sourcegebiet 4 hat eine Größe von ca.

$3 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ und ein einzelnes Sourcekontaktgebiet besitzt ein Kontaktgebiet von ca. $2 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$. Die Kennlinie gemäß Fig. 3 erhält man durch Messen der maximalen Stromverstärkungen von mehreren Mustern mit unterschiedlichen Anzahl von Sourcekontaktgebieten. Gemäß Fig. 3 ist es offensichtlich, daß die Stromverstärkung mit einer Abnahme der Kontaktfläche zunimmt.

Wenn die Gesamtfläche der Sourcekontaktgebiete 8 zu klein gemacht wird, vergrößert sich der Kontaktwiderstand. Unter diesen Bedingungen ist es praktischerweise wünschenswert die Gesamtfläche der Sourcekontaktgebiete zwischen 50% bis 10% der Fläche der Sourcegebiete einzustellen.

15

Ausführungsbeispiel 2

Ein zweites Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand von Fig. 4 beschrieben. In diesem Ausführungsbeispiel ist eine dünne Isolierschicht 10 (z. B. SiO_2) von ca. 3 nm an der Oberfläche des Sourcegebiets 4 ausgebildet, das mit den Kontaktgebieten 8 korrespondiert, anstatt das Sourcegebiet 4 direkt mit der Sourceelektrode 7 zu verbinden. Das Sourcegebiet 4 ist über die Isolierschicht 10 mit der Sourceelektrode 7 verbunden. Die Isolierschicht 10 dient als Tunnel für die Injektion von Ladungsträgern. Die restliche Struktur des SIT ist im wesentlichen ähnlich mit der des bevorzugten Ausführungsbeispiels.

30 Wenn die dünne Isolierschicht 10 zwischen dem Sourcegebiet 4 und der Sourceelektrode 7 vorgesehen ist, werden Elektronen das Sourcegebiet 4 erreichen, wobei jedoch der Löcherstrom zu der Sourceelektrode 7 durch die Isolierschicht begrenzt ist, wodurch sich die Löcherdichte im Kanalgebiet 9 erhöht. Deshalb erhöht sich der Drainstrom I_D und verbessert ferner die Stromverstärkung h_{FS} .

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele begrenzt. So kann z. B. das Sourcekontaktgebiet 8 anders als in den vorhergehend beschriebenen Ausführungsbeispielen unterteilt sein ohne vom Kern der Erfindung abzuweichen. Zusätzlich kann anstelle des n-Kanals ein p-Kanal verwendet werden, so daß die Source und das Drain vom p-Typ sind, während das Gate vom n-Typ ist, und die Löcher werden nun die Ladungsträger. Ferner kann ein Kanalgebiet vom gleichen Typ wie ein Gategebiet sein.

Ein statisches Induktions-Halbleitergerät vom Oberflächengate-Typ enthält ein Sourcegebiet, ein Gategebiet und ein Draingebiet. Ein Kanalgebiet ist zwischen dem Draingebiet und dem Sourcegebiet derart ausgebildet, so daß, wenn eine Vorspannung zwischen dem Gategebiet und dem Sourcegebiet angelegt ist, Ladungsträger vom Sourcegebiet über das Kanalgebiet in das Draingebiet fließen. Auf der Halbleiterschicht ist eine Sourceelektrode vorgesehen. Ein Sourcekontaktgebiet ist zwischen der Sourceelektrode und dem Sourcegebiet zum Herstellen einer elektrischen Verbindung vorgesehen. Das Sourcekontaktgebiet ist in mehrere kleine Gebiete oder Abschnitte unterteilt, dessen gesamte Fläche kleiner ist als die Fläche der entsprechenden Abschnitte des Sourcegebiets, um die Stromverstärkung zu verbessern und um die lokale Stromkonzentration zu verhindern bzw. signifikant zu verringern.

Patentansprüche

1. Statisches Induktions-Halbleitergerät bestehend aus einer Halbleiterschicht mit einer oberen Oberfläche, einem an der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht befindlichen Sourcegebiet, einem an der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht befindlichen Gategebiet, um das Sourcegebiet teilweise einzuschließen, einem in der Halbleiterschicht vorgesehenen Draingebiet, einem zwischen dem Draingebiet und dem Sourcegebiet vorgesehenen Kanalgebiet, wobei eine Ladungsträgerbewegung über dieses Kanalgebiet zwischen dem Sourcegebiet und dem Draingebiet auftritt, wenn zwischen dem Gategebiet und dem Sourcegebiet eine Vorspannung angelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sourceelektrode (7) auf der Halbleiterschicht (3) vorgesehen ist; und ein Kontaktgebiet (8) zwischen der Sourceelektrode (7) und dem Sourcegebiet (4) zum miteinander elektrischen Verbinden vorgesehen ist, wobei das Kontaktgebiet (8) in mehrere Gebiete unterteilt ist, deren Gesamtfläche kleiner ist als die Fläche der entsprechenden Abschnitte des Sourcegebiets.
2. Halbleitergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Sourceelektrode (7) und der Halbleiterschicht (3) eine Isolierschicht (6) liegt und die Kontaktgebiete (8) die Isolierschicht (6) zum Verbinden des Sourcegebiets (4) durchdringen.
3. Halbleitergerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterschicht (3) vom n⁻-Typ ist und das Sourcegebiet (4), das Gategebiet (5) und das Draingebiet (1) vom n⁺-Typ, p⁺-Typ und vom n⁺-Typ in dieser Reihenfolge sind.
4. Halbleitergerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Kanalgebiet (9) durch Implantation oder Diffusion einer p-Verunreinigung in der n⁻-Halbleiterschicht (3) ausgebildet ist.
5. Halbleitergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein einzelnes Sourcegebiet (4) genau 3 µm breit und 100 µm lang ist und jedes Sourcekontaktgebiet eine Größe von ca. 2 µm × 2 µm besitzt.
6. Halbleitergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verhältnis der gesamten Fläche von mehreren Sourcekontaktgebieten (8) entsprechend einem einzelnen Sourcegebiet zur Fläche des Sourcegebiets (4) zwischen 10% und 50% liegt.
7. Halbleitergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Isolierschicht (10) zwischen dem Sourcegebiet (4) und den Sourcekontaktgebieten (8) vorgesehen ist, um eine Tunnelinjektion von Ladungsträgern in das Sourcegebiet (4) zu ermöglichen.
8. Halbleitergerät nach einem der Ansprüche 1, 2 und 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Sourcegebiet, das Gategebiet und das Draingebiet vom p⁺-Typ, n⁺-Typ und vom p⁺-Typ in dieser Reihenfolge sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig.1

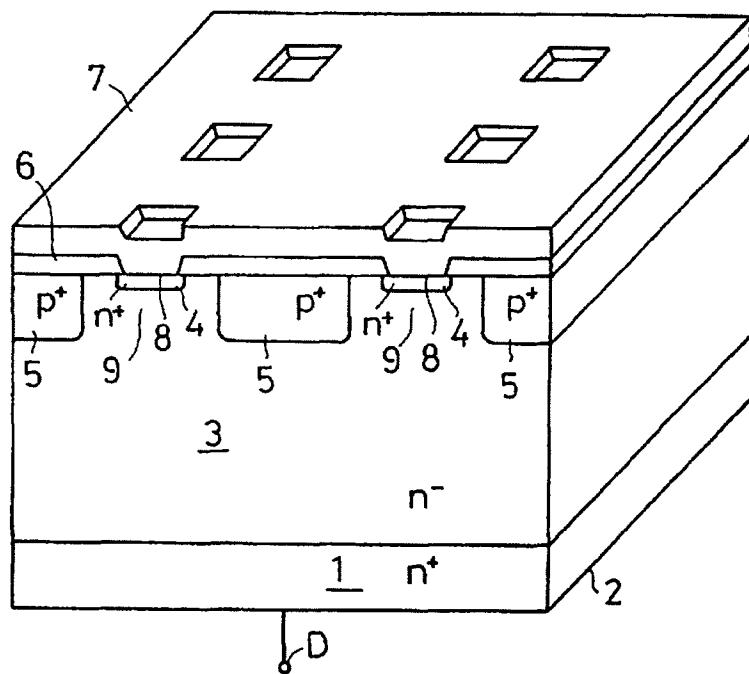


Fig.2

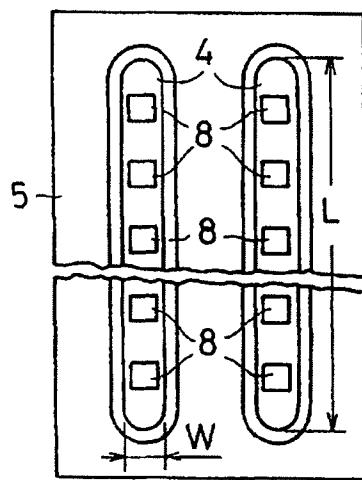
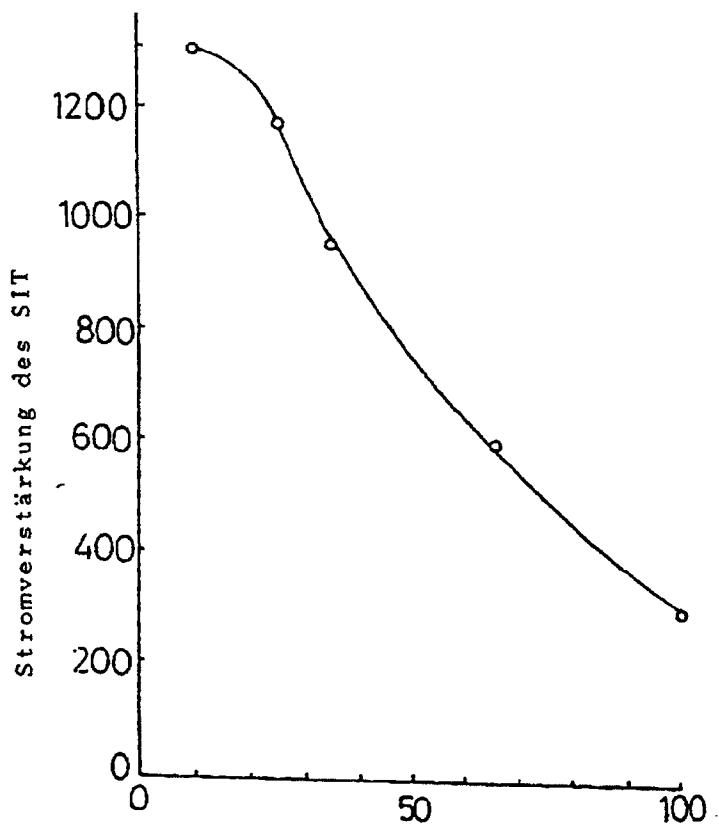


Fig. 3



Verhältnis der Fläche
des Kontaktgebiets zum Sourcegebiet

Fig. 4

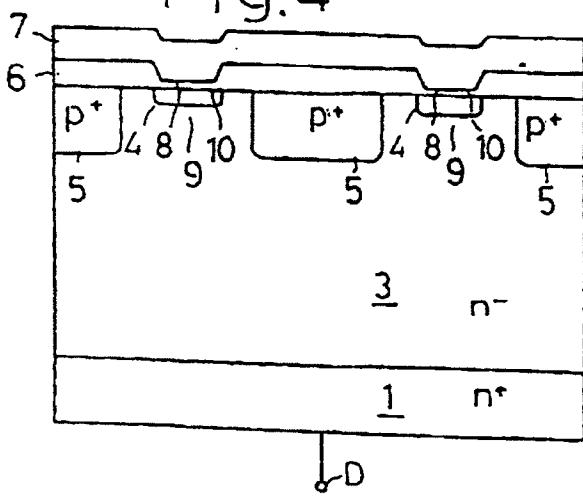


Fig. 5

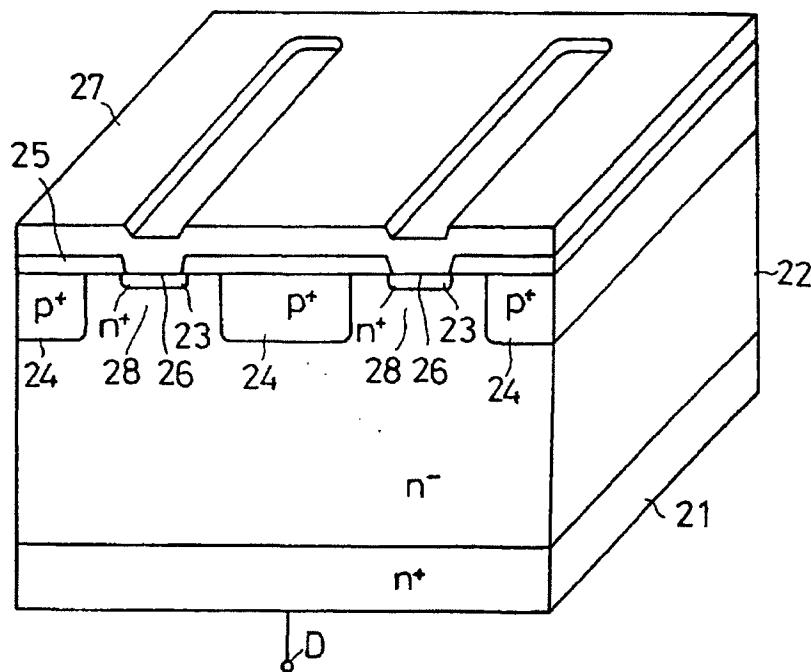


Fig. 6

